

# Взаимодействие магитов и ТОКОВ.

Урок 1 Теме 2»Магнитные  
взаимодействия.

# Взаимодействие постоянных магнитов

1. На рисунке 1.1 схематически изображены опыты по взаимодействию двух полюсов магнитов. Какой цифрой обозначен северный полюс расположенного справа магнита на рисунках *a* и *б*?

2. Какой магнитный полюс Земли находится вблизи её Северного географического полюса — северный или южный? Обоснуйте свой ответ.

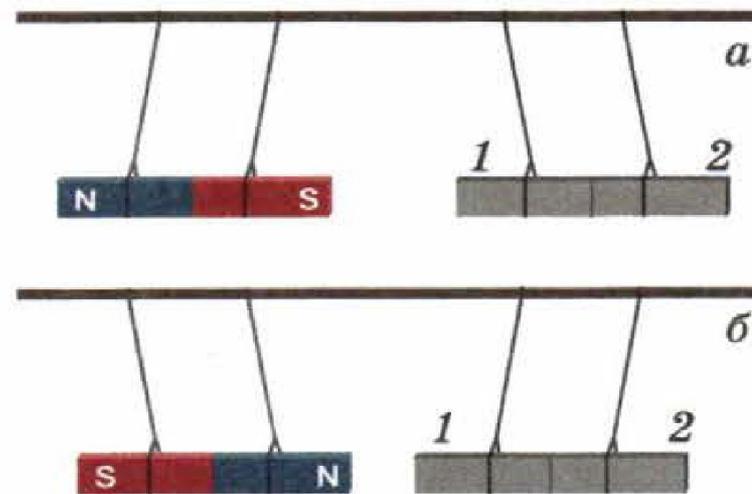
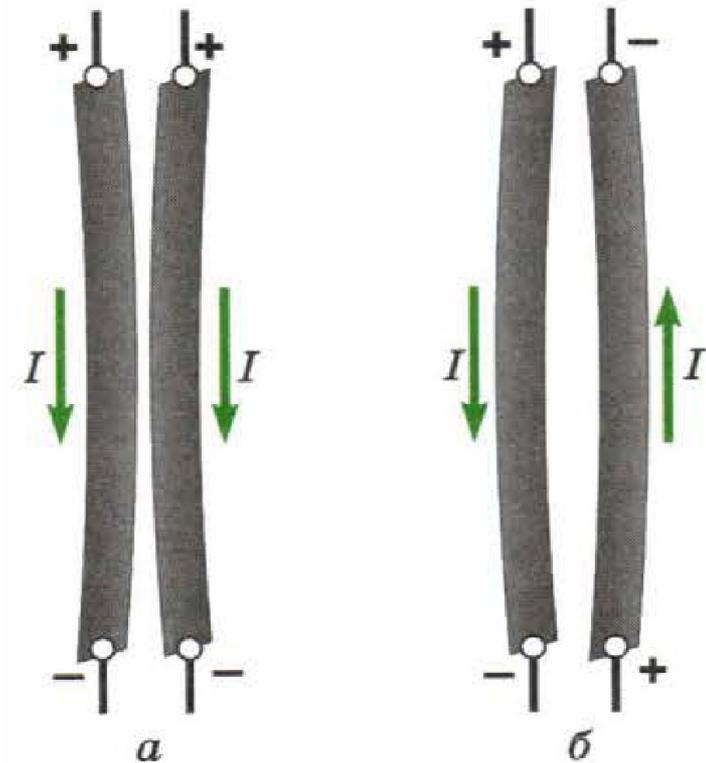


Рис. 1.1

полюса — северный или южный? Обоснуйте свой ответ.

# Взаимодействие проводников с ТОКОМ

3. Почему взаимодействие проводников с током нельзя рассматривать как электрическое?



# Единица силы тока

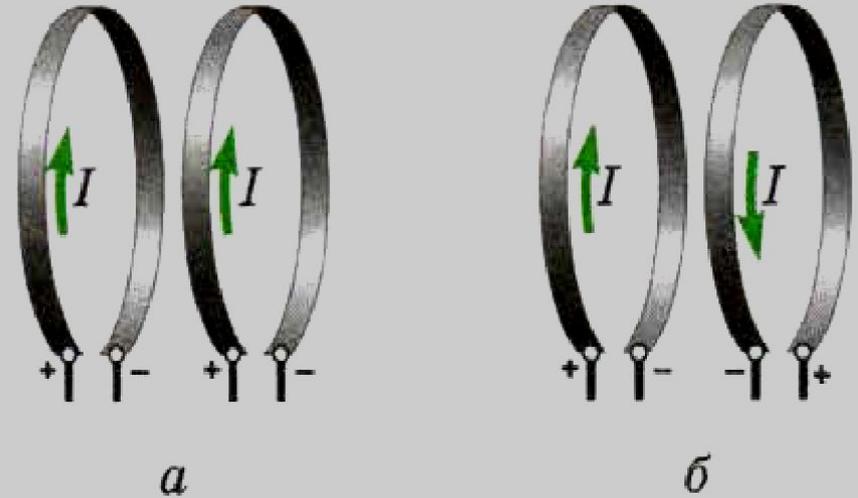
Взаимодействие проводников с током используют для определения единицы силы тока в СИ. В честь А. Ампера единицу силы тока назвали *ампер* (обозначают А).

Если сила тока в каждом из двух параллельных бесконечно длинных проводников очень малого сечения, расположенных на расстоянии 1 м друг от друга, равна 1 А, причём ток в проводниках направлен одинаково, то эти проводники притягиваются с силой, равной  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины.

Напомним: единица электрического заряда *кулон* (Кл) связана с единицей силы тока *ампер* соотношением  $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$ .

# Взаимодействие витков с ТОКОМ

4. На рисунке 1.3 изображены круговые витки и показано направление тока в каждом из них. В каком случае (*a* или *б*) витки будут притягиваться, а в каком — отталкиваться?



# Взаимодействие катушек с ТОКОМ

На рисунке 1.4 схематически изображен аналогичный опыт для катушек с током. Мы видим, что катушки с током взаимодействуют подобно полосовым магнитам: у таких катушек тоже есть «одноимённые» и «разноимённые» полюса.

5. Какой цифре (1 или 2) соответствует знак «плюс» на рисунках 1.4, а и б?

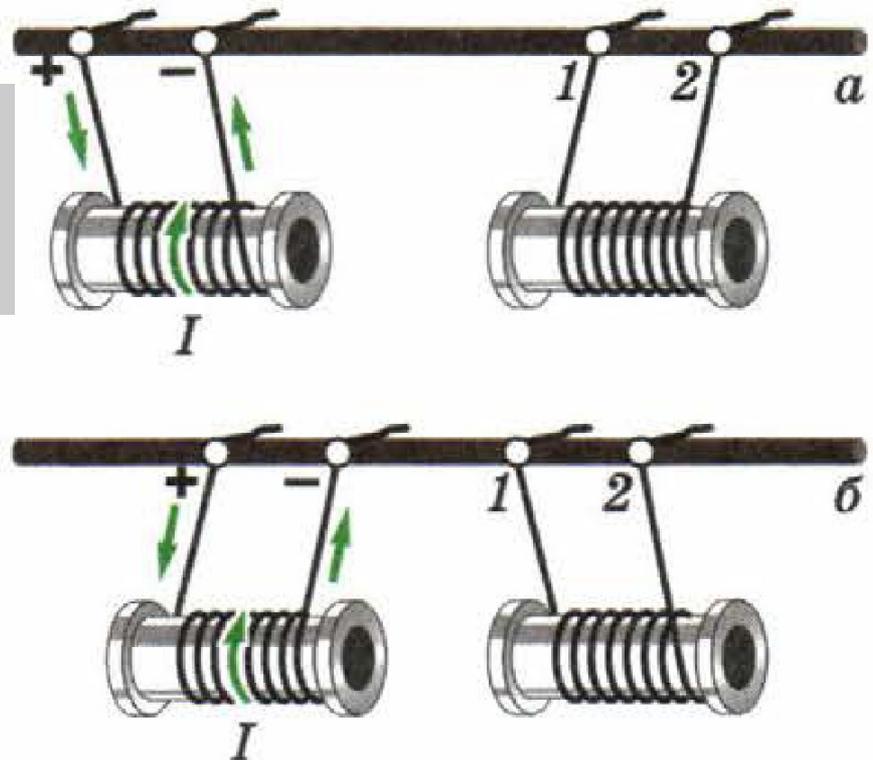
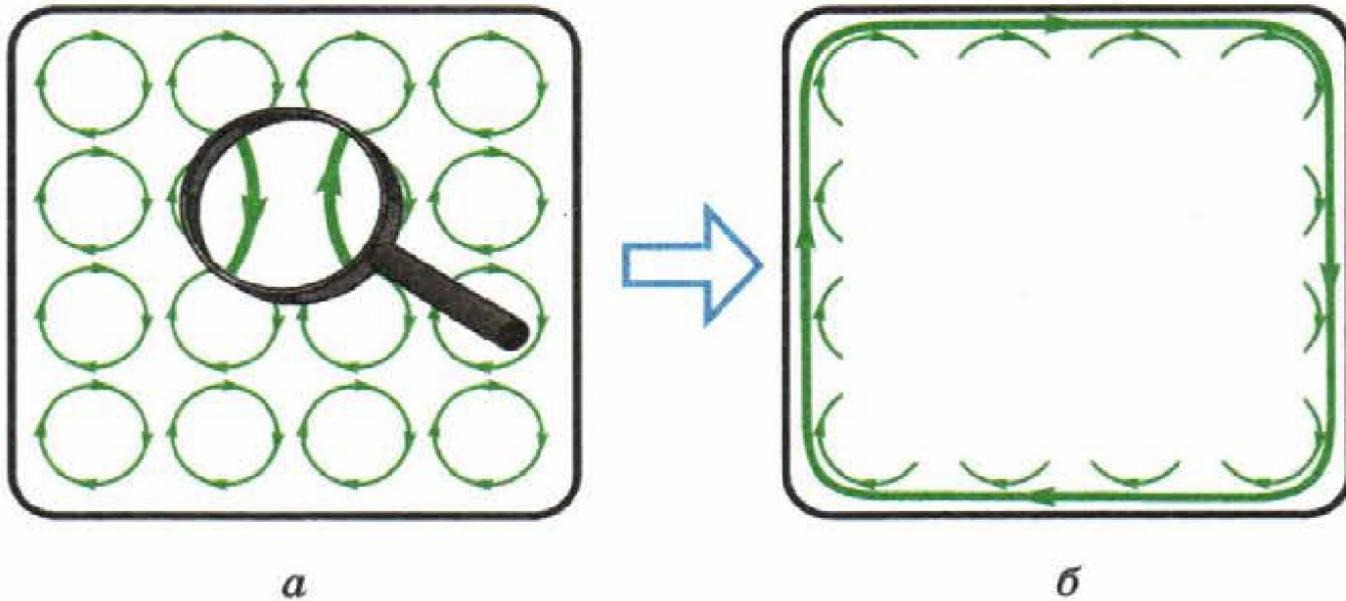


Рис. 1.4

# Магнитные свойства вещества



6. Как гипотеза Ампера объясняет то, что невозможно получить магниты только с одним полюсом (северным или южным)?

# Магнитное поле

## Источники магнитного поля

Во-первых, как мы видели, магнитное поле создаётся *электрическими токами*. А поскольку электрический ток — это направленное движение заряженных частиц, мы приходим к выводу, что магнитное поле создаётся *движущимися электрическими зарядами*.

Вторым источником магнитного поля являются *постоянные магниты*, свойства которых объясняются магнитными свойствами электронов.

Наконец, третьим источником магнитного поля является, как мы увидим в следующих главах, *изменяющееся во времени электрическое поле*.

*Магнитное поле проявляется в действии на проводники с током, на движущиеся электрические заряды и на постоянные магниты.*

# Магнитное поле

## Вектор магнитной индукции

Магнитное поле в данной точке характеризуют *векторной* величиной, которую называют *магнитной индукцией* и обозначают  $\vec{B}$ . Для определения направления вектора *магнитной индукции* используют действие магнитного поля на постоянный магнит — магнитную стрелку.

За *направление вектора магнитной индукции*  $\vec{B}$  принимают направление, на которое указывает северный полюс свободно вращающейся магнитной стрелки (рис. 1.6).

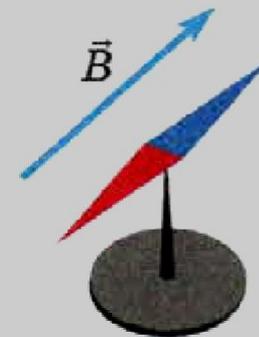
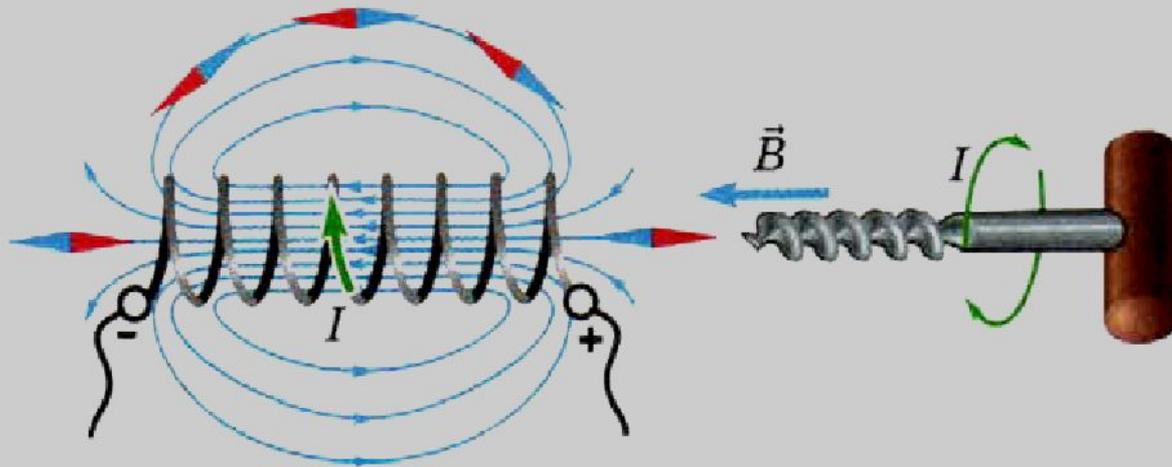


Рис. 1.6

# Магнитное поле

Касательная к линии магнитной индукции в данной точке пространства показывает направление вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  в этой точке.

На рисунке 1.8 изображены линии магнитной индукции поля, создаваемого катушкой с током.



# Задача

7. На столе лежит круговой проволочный виток, в котором течёт ток по часовой стрелке. Как направлен вектор магнитной индукции поля, созданного этим током, в центре витка?

# Задача

8. На стене укреплен проволочный круговой виток, в котором течёт ток. Вектор магнитной индукции поля, созданного этим током, направлен в центре витка в сторону стены. Сделайте пояснительный рисунок, на котором укажите направление тока в витке и направление движения свободных электронов.

# Магнитное поле

Посмотрим, как располагаются магнитные стрелки в различных точках вблизи полосового магнита (рис. 1.7).

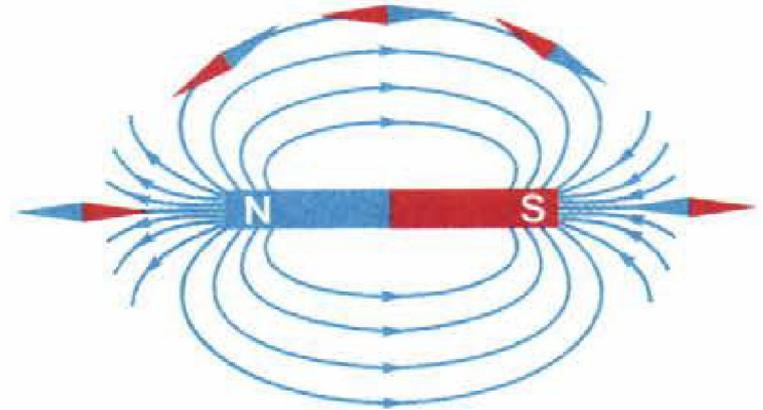
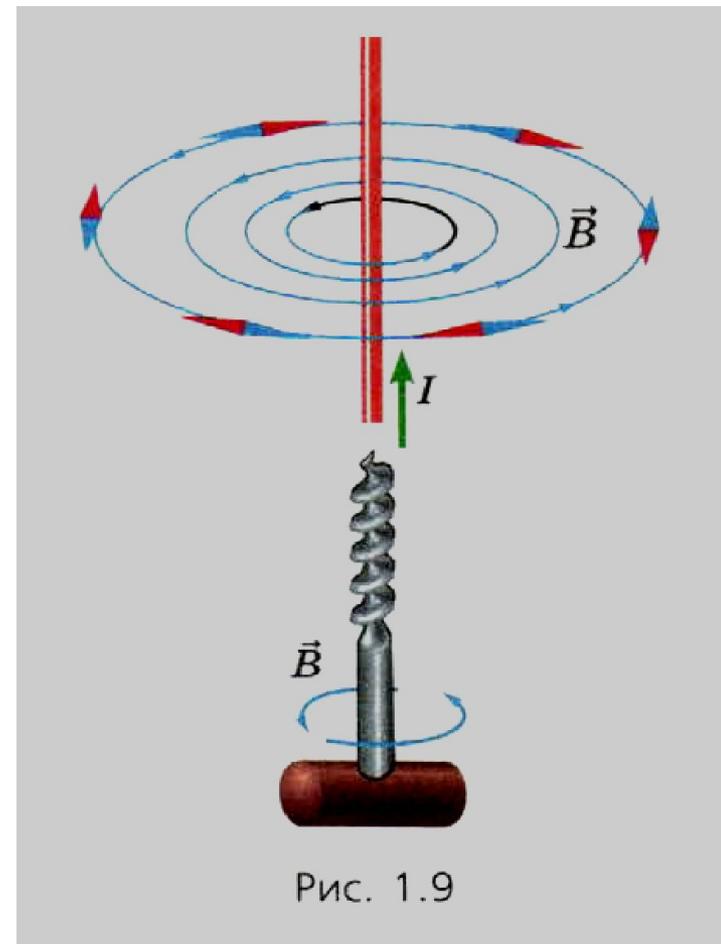
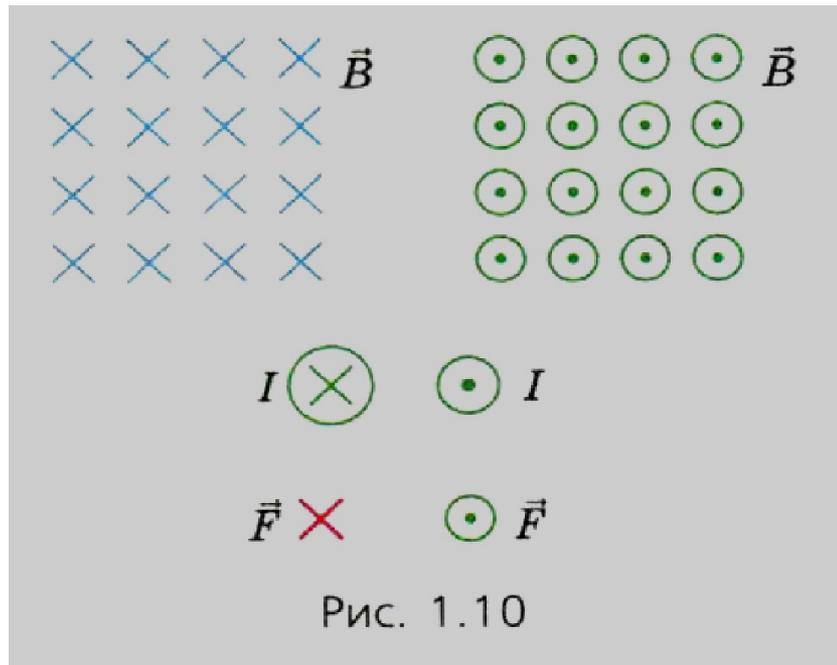


Рис. 1.7

Мы видим, что магнитные стрелки как бы выстраиваются вдоль некоторых *линий*. Их называют *линиями магнитной индукции* или *магнитными линиями*.

# Линии магнитной индукции магнитного поля, созданного проводником с током



# Магнитное поле

$$F_{\text{макс}} \sim Il.$$

$$\frac{F_{\text{макс}}}{Il}$$

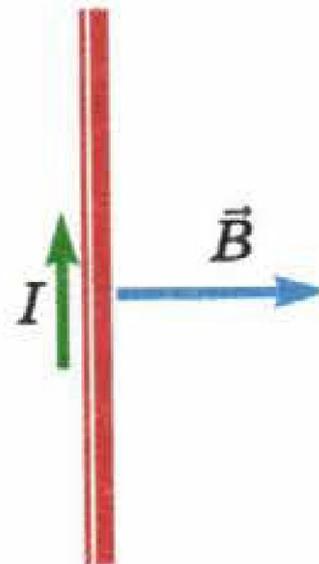


Рис. 2.1

# Модуль магнитной индукции

*Модуль магнитной индукции равен отношению силы, действующей на проводник с током, расположенный перпендикулярно вектору магнитной индукции, к произведению силы тока в проводнике на длину проводника:*

$$B = \frac{F_{\text{макс}}}{Il}. \quad (1)$$

*За единицу магнитной индукции в СИ принимают магнитную индукцию поля, действующего с силой 1 Н на проводник длиной 1 м, по которому течёт ток силой 1 А, если проводник расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции*

*данного поля. Эту единицу магнитной индукции называют тесла (обозначают Тл) в честь сербо-американского учёного Н. Тесла. В соответствии с определением,  $1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}$ .*

# Закон Ампера

Из формулы (1) следует: если проводник с током перпендикулярен вектору магнитной индукции, модуль силы Ампера

$$F_{\text{макс}} = BIl.$$

Если же прямолинейный проводник расположен под углом  $\alpha$  к направлению вектора магнитной индукции (рис. 2.2), то, как показывает опыт, модуль силы Ампера выражается формулой

$$F = BIl \sin \alpha. \quad (2)$$

Эту закономерность, установленную на опыте Ампером, называют *законом Ампера*.

Обратите внимание на одно из следствий формулы (2): *если проводник с током параллелен вектору магнитной индукции, сила Ампера равна нулю.*

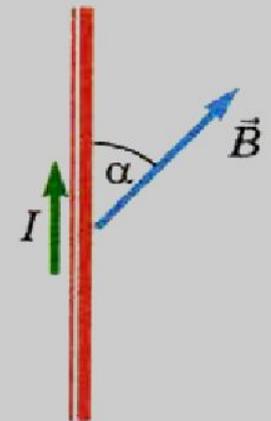


Рис. 2.2

# Задача 1

1. Чему равен модуль силы Ампера, действующей на проводник с током, если:

а)  $B = 0,1 \text{ Тл}; I = 2 \text{ А}; l = 50 \text{ см}; \alpha = 0^\circ?$

б)  $B = 0,1 \text{ Тл}; I = 2 \text{ А}; l = 50 \text{ см}; \alpha = 30^\circ?$

## Задача 2

2. На проводник длиной  $l = 25$  см, расположенный под углом  $\alpha = 60^\circ$  к направлению вектора магнитной индукции, действует сила Ампера  $F = 0,2$  Н. Сила тока в проводнике  $I = 0,3$  А. Составьте задачу по этим данным и решите её.

## Задача 3

3. На прямолинейный проводник действует сила Ампера  $F = 0,25$  Н. Длина проводника  $l = 50$  см, модуль магнитной индукции  $B = 2$  Тл, сила тока в проводнике  $I = 0,5$  А. Составьте задачу по этим данным и решите её.

# Задача 4

4. На проводник длиной  $l = 50$  см, расположенный под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вектору магнитной индукции, действует сила Ампера  $F = 0,1$  Н. Индукция магнитного поля  $B = 0,1$  Тл. Составьте задачу по этим данным и решите её.

# Правило левой руки

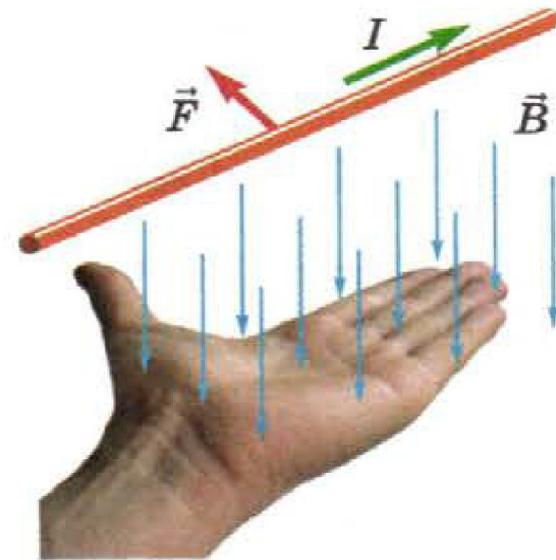
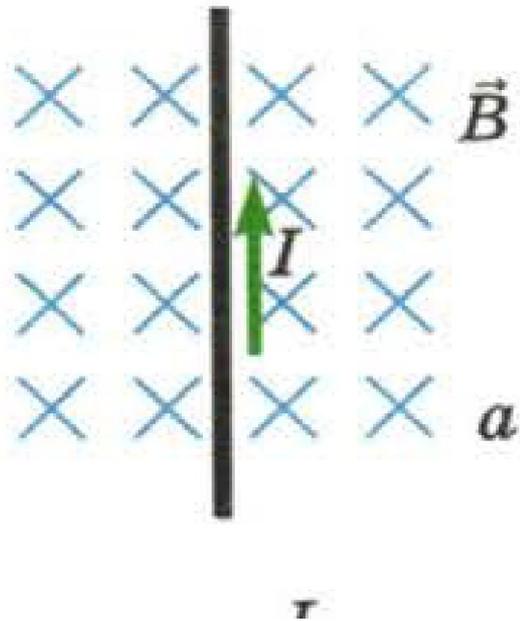
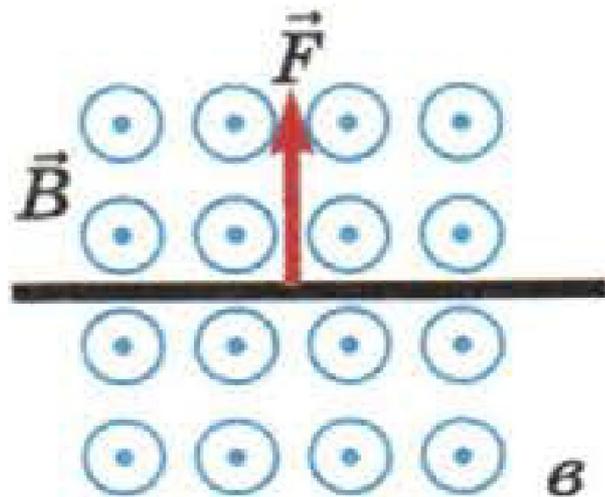
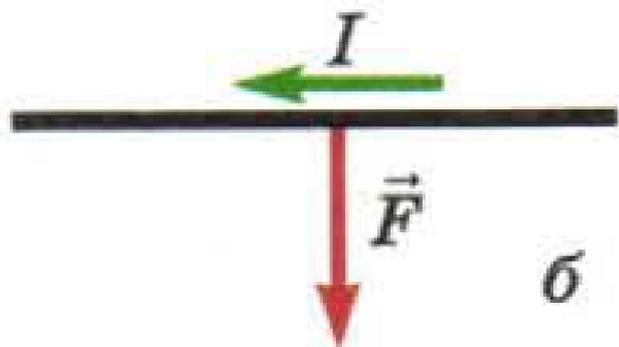


Рис. 2.3

# Задачи



# Задачи

- а) Как направлен вектор магнитной индукции (вертикально или горизонтально), если положение стержня осталось прежним?
- б) Как направлен вектор магнитной индукции (вертикально или горизонтально), если провода отклонились от вертикали?

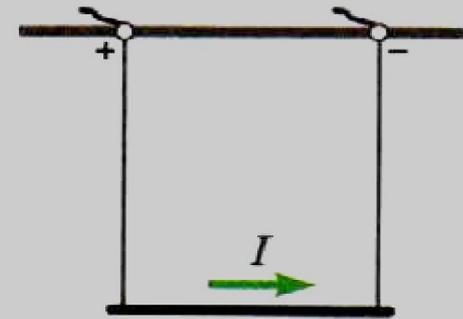


Рис. 2.6

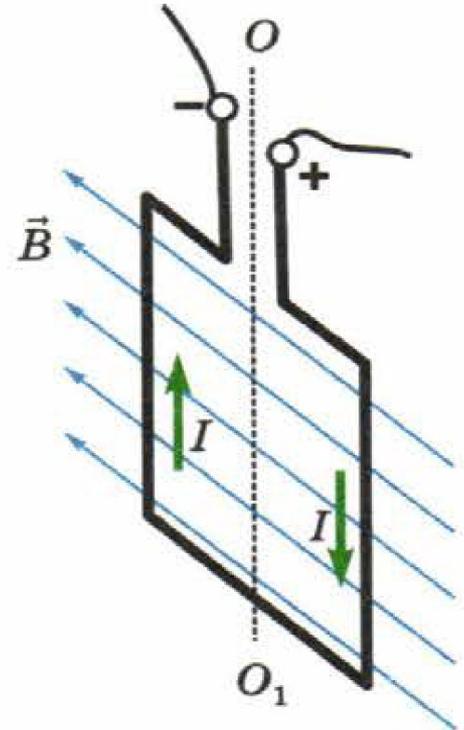
# Рамка с током в магнитном поле

9. Перенесите рисунок 2.9 в тетрадь.

а) Изобразите на рисунке силы Ампера, действующие на вертикальные стороны рамки с током.

б) Определите направление вектора магнитной индукции поля  $\vec{B}_{\text{рам}}$ , создаваемого током рамки в её центре.

в) Определите, как будет изменяться угол между  $\vec{B}$  и  $\vec{B}_{\text{рам}}$  при повороте рамки под действием сил, действующих со стороны внешнего магнитного поля: увеличиваться или уменьшаться?



# Применение силы Ампера

Электроизмерительные приборы

Громкоговоритель

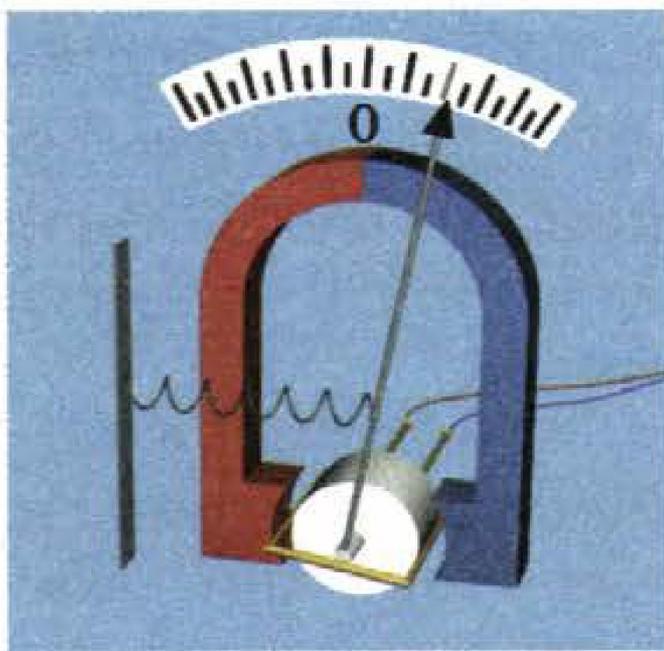
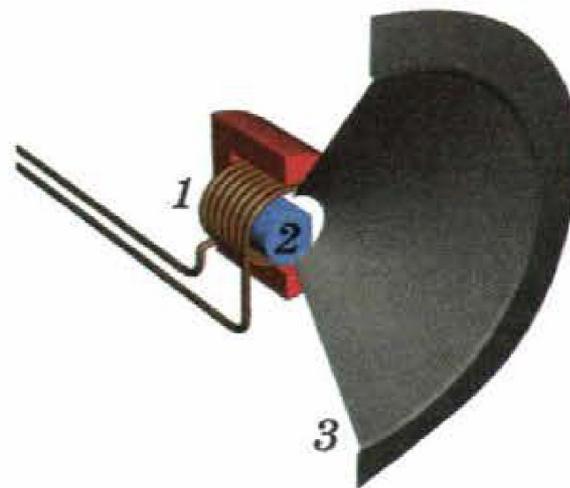
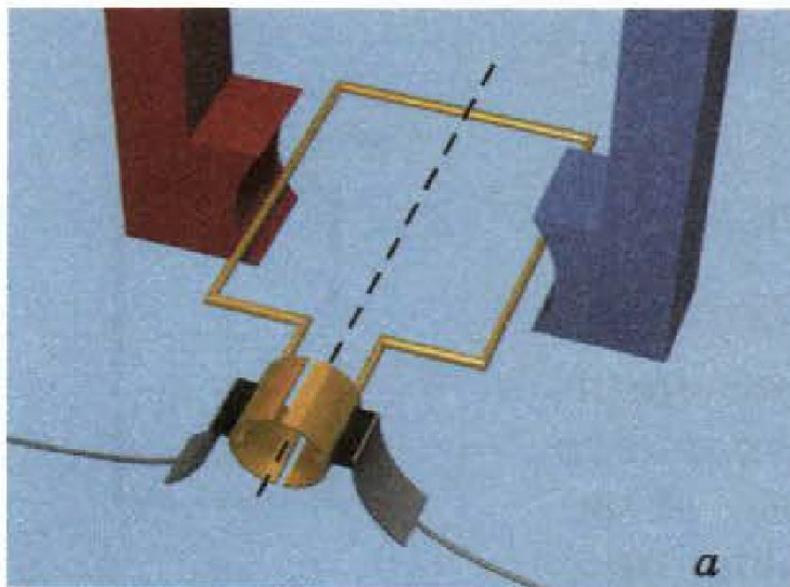


Рис. 2.12

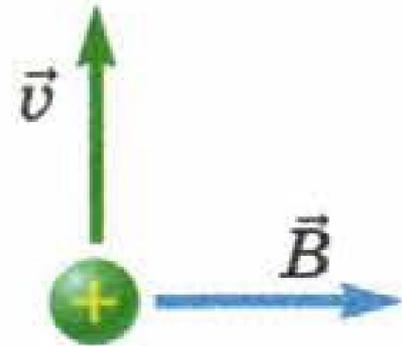


# Электродвигатель



# Сила Лоренца

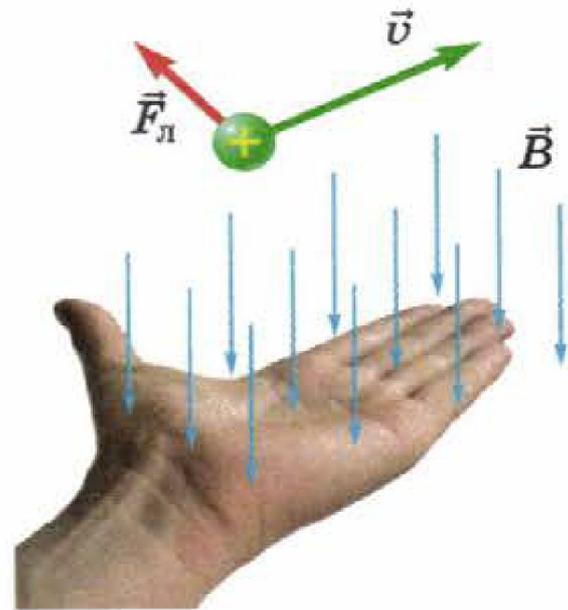
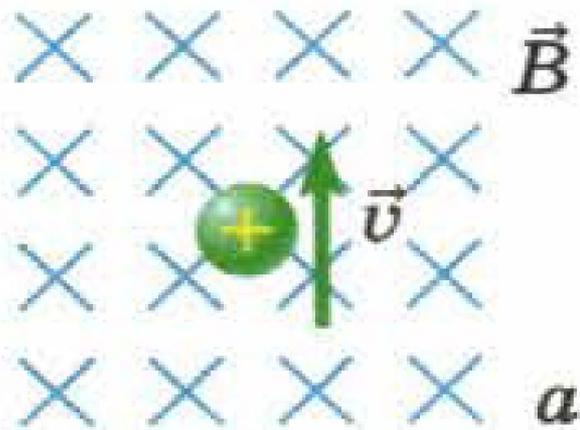
$$F_{\text{л}} = Bqv \sin \alpha.$$



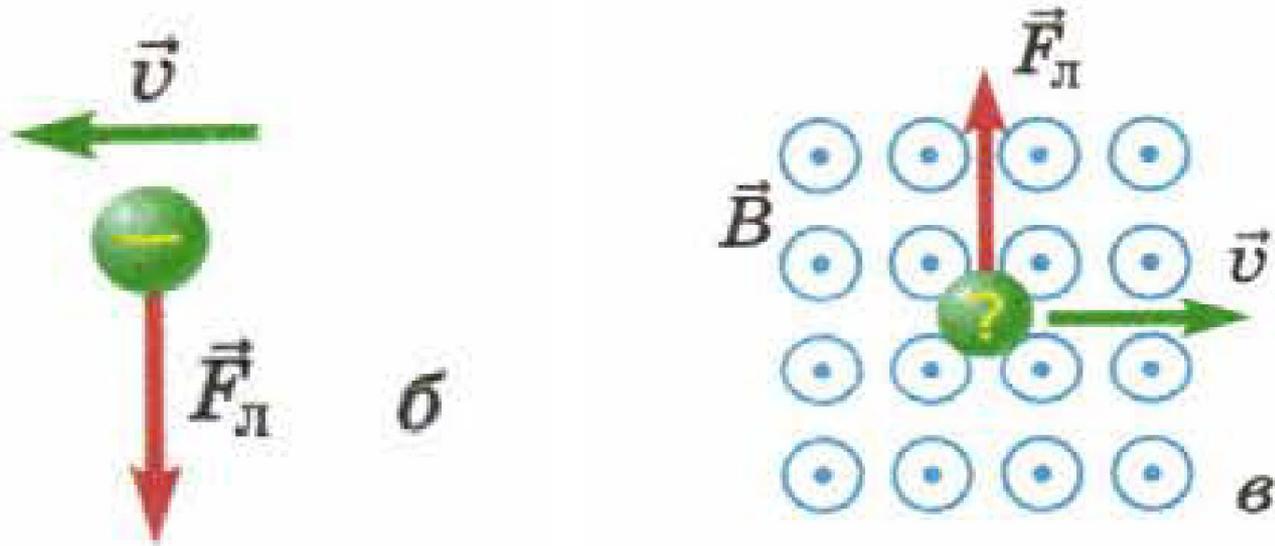
1. Электрон движется со скоростью  $v = 10$  км/с вблизи поверхности Земли. Индукция магнитного поля Земли в средних широтах составляет около  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл. Во сколько раз сила, действующая на электрон со стороны магнитного поля Земли, больше силы тяжести, если скорость электрона направлена:

- перпендикулярно вектору магнитной индукции?
- под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции?

# Направление силы Лоренца



# Задачи



# Движение частицы в магнитном поле

4. Может ли вследствие действия силы Лоренца измениться кинетическая энергия частицы?

5. Объясните, почему работа силы Лоренца при движении частицы в магнитном поле равна нулю.

# Движение частицы в магнитном поле

6. Объясните, почему радиус окружности, по которой будет двигаться частица, определяется формулой

$$r = \frac{mv}{qB},$$

# Движение частицы в магнитном поле

7. Объясните, почему *период  $T$  обращения частицы не зависит от её скорости.*

# Движение частицы в магнитном поле

8. Протон и электрон влетают с одинаковой горизонтальной скоростью в однородное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого направлен вертикально вверх. Обе частицы начинают двигаться по окружностям.

а) В каком направлении будет двигаться по окружности электрон — по часовой стрелке или против неё (если смотреть сверху)?

б) Какая частица будет двигаться по окружности большего радиуса? Чему равно отношение радиусов окружностей?

в) Для какой частицы период обращения будет больше? Во сколько раз больше?